



**ANALISIS KONDISI MUARA KALI PORONG AKIBAT
SEMBURAN LUMPUR SIDOARJO MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT TAHUN 2014-2017**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

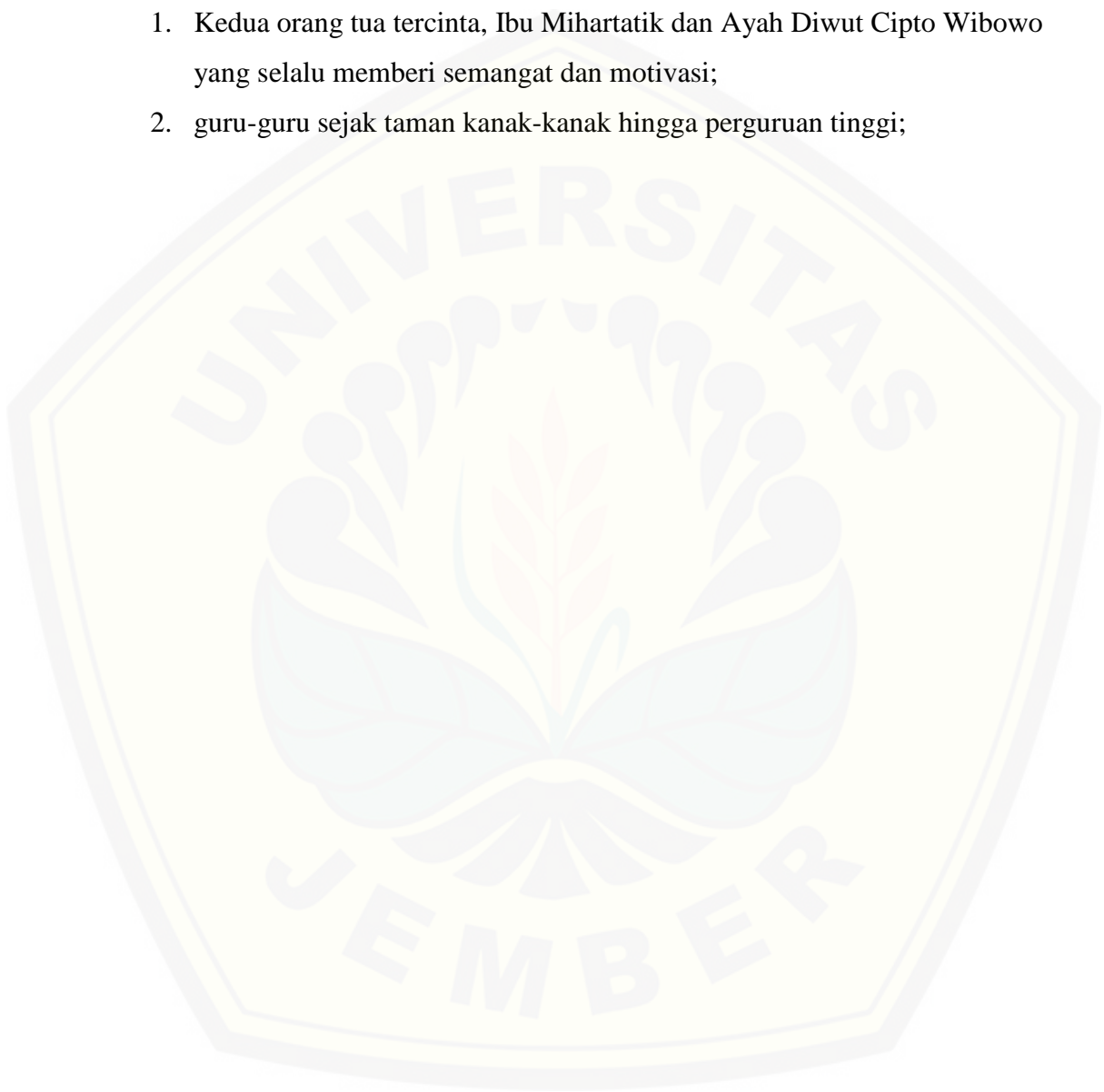
Oleh
Yossika Dwi Permatasari
NIM 141810201040

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta, Ibu Mihartatik dan Ayah Diwut Cipto Wibowo yang selalu memberi semangat dan motivasi;
2. guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;



MOTTO

I learned that courage was not the absence of fear, but the triumph over it. The brave man is not he who does not feel afraid, but he who conquers that fear.

(Nelson Mandela)*)



*Mandela, N. (2008). *Long Walk to Freedom*. New York : Back Bay Books.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yossika Dwi Permatasari

NIM : 141810201040

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Kondisi Muara Kali Porong Akibat Semburan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Tahun 2014-2017” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Februari 2019

Yang menyatakan,

Yossika Dwi Permatasari

NIM 141810201040

SKRIPSI

**ANALISIS KONDISI MUARA KALI PORONG AKIBAT
SEMBURAN LUMPUR SIDOARJO MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT TAHUN 2014-2017**

Oleh

**Yossika Dwi Permatasari
NIM 141810201040**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Kondisi Muara Kali Porong Akibat Semburan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Tahun 2014-2017”, karya Yossika Dwi Permatasari telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si
NIP. 19700327 199702 2 001

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19720210 199802 1 001

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 19610204 198711 1 001

Ir. Misto, M.Si
NIP. 19591121 199103 1 002

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 19610204 198711 1 001

RINGKASAN

Analisis Kondisi Muara Kali Porong Akibat Semburan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Tahun 2014-2017; Yossika Dwi Permatasari, 141810201040; 2018: 57 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Letusan lumpur panas muncul di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur pada tahun 2006. Beberapa ahli geologi percaya bahwa meletusnya gunung lumpur panas tersebut disebabkan oleh bencana alam yang dipicu gempa sehari sebelum letusan itu terjadi. Fenomena tersebut menggemparkan seluruh Indonesia bahkan dunia. Semakin hari debit lumpur Sidoarjo terus bertambah. Saat ini luas penampungan lumpur panas tersebut sudah mencapai ratusan hektar lebih. Semburan lumpur panas yang terjadi di Kabupaten Sidoarjo tersebut, mengakibatkan berubahnya fungsi utama salah satu sungai besar yang menghimpit Kabupaten Sidoarjo, yakni Sungai Porong. Semburan lumpur tersebut keluar secara periodik sehingga memerlukan ruang penampungan yang semakin luas. Kolam-kolam yang telah membendung lumpur tersebut sudah tidak dapat menahan debit yang semakin banyak. Lumpur tersebut dialirkan dengan menggunakan saluran khusus berupa pipa-pipa menuju sungai terdekat dari lokasi semburan yakni Kali Porong, yang bertujuan untuk dibuang ke muara sungai. Berbagai macam permasalahan muncul diantaranya kondisi muara sungai yang semakin keruh oleh sisa-sisa material yang terbawa oleh lumpur panas. Hal tersebut mempengaruhi penurunan kualitas air, vegetasi bawah air, pemukiman, bahkan sosial ekonomi di wilayah sekitar Kali Porong.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar perubahan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tanggal 29 Juni 2014, 15 Mei 2015, 17 Mei 2016, dan 20 Mei 2017. Selain itu, bertujuan untuk mengetahui perubahan jarak konsentrasi TSS dan mengetahui perubahan tingkat kejernihan air yang ada di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tanggal-tanggal yang sudah ditentukan.

Penelitian ini menggunakan data citra multi temporal Landsat-8 OLI/TIRS untuk wilayah perairan muara Kali Porong hingga pesisir pantai Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur yang merupakan lokasi terkena dampak Lumpur Sidoarjo. Lokasi ini memiliki nilai *path* 118 dan *row* 065. Data citra Landsat yang diambil yakni pada tanggal 29 Juni 2014, 15 Mei 2015, 17 Mei 2016, dan 20 Mei 2017. Penentuan data digunakan di setiap tahunnya yakni pada musim kemarau antara bulan Mei-Juni. Koreksi radiometrik *Top of Atmosphere* (ToA) digunakan untuk menghilangkan pengaruh dinamika atmosfer yang terjadi serta kesalahan pada sudut elevasi matahari. Setelah dilakukan proses pengkoreksian maka

dilakukan proses *cropping* dan komposit RGB. Perhitungan pada citra Landsat ini terdiri tiga yakni perhitungan nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dengan menggunakan persamaan rumus Syarif Budhiman, perhitungan nilai jarak horizontal terjauh dari muara sungai, dan perhitungan nilai tingkat kejernihan air.

Perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong dari memiliki nilai yang naik turun di tiap tahunnya pada tanggal-tanggal tertentu. Konsentrasi TSS kelas III pada tanggal 29 Juni 2014 memiliki nilai luas sebaran sebesar 509,056 Ha. Tanggal 15 Mei 2015 luas sebaran pada kelas III konsentrasi TSS naik menjadi 1323,124 Ha. Luas sebaran konsentrasi TSS kelas III turun menjadi 714,076 Ha pada tanggal 17 Mei 2016 dan kembali naik pada 20 Mei 2017 menjadi 1350,210 Ha. Nilai sebaran konsentrasi TSS kelas III mengalami fluktuasi. Jarak sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dihitung dengan titik pusat pada 3 muara. Muara 3 menjadi muara yang selalu memiliki nilai jarak sebaran TSS yang tertinggi. Berdasarkan pengambilan data penelitian, pada tahun 2017 menjadi muara yang memiliki jarak terjauh dari penelitian ini yakni 4,295 km. Tingkat kejernihan sebagai ukuran transparansi suatu perairan, sangat dipengaruhi oleh *Total Suspended Solid* (TSS). Tingkat kejernihan air pada kelas III dengan nilai kejernihan < 5 m memiliki nilai luas sebesar 606,021 Ha pada pengambilan data tahun 2014, diikuti pengambilan data di tahun 2015 dengan luas sebesar 1342,172 Ha. Data penelitian di tahun selanjutnya turun menjadi 793,882 Ha. Pengambilan data di tahun 2017 memiliki nilai tertinggi yakni seluas 1398,912 Ha. Tingkat kejernihan air pada tanggal 29 Juni 2014, 15 Mei 2015, 17 Mei 2016, dan 20 Mei 2017 pada penelitian ini menghasilkan rentang nilai antara 4,561 m – 15,432 m.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kondisi Muara Kali Porong Akibat Semburan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Tahun 2014-2017”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini telah mendapatkan bantuan, pengarahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bowo Eko Cahyono, S.Si, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam penulisan skripsi ini;
2. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dosen Penguji Utama dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Teman-temanku Jurusan Fisika angkatan 2014 yang tercinta;
5. Teman-temanku LPMM ALPHA yang telah memberikan banyak pelajaran berharga dan membuat penulis menjadi lebih bermanfaat;
6. Semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga ini dapat bermanfaat.

Jember, Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kondisi Umum Kabupaten Sidoarjo	7
2.2 Penginderaan Jauh	8
2.2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	10
2.2.2 Interaksi Gelombang Elektromagnetik dengan Atmosfer	13
2.3 Satelit Penginderaan Jauh	16
2.3.1 Resolusi Citra	17
2.3.2 Koreksi Citra	19
2.3.3 <i>Land Satellite</i> (Landsat)	20

2.4 Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Sumber Daya Air	23
2.5 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	25
2.6 Kejernihan	27
BAB 3. METODE PENELITIAN	29
3.1 Rancangan Penelitian	29
3.2 Jenis dan Sumber Data	Error! Bookmark not defined.
3.3 Definisi Operasional Variabel	Error! Bookmark not defined.
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	Error! Bookmark not defined.
3.5 Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5.1 Tahap Persiapan	Error! Bookmark not defined.
3.5.2 Tahap Pengolahan	Error! Bookmark not defined.
3.6 Metode Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Sebaran Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i>	31
4.1.1 Sebaran Konsentrasi TSS pada 29 Juni 2014 .	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Sebaran Konsentrasi TSS pada 15 Mei 2015 ..	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Sebaran Konsentrasi TSS pada 17 Mei 2016 .	Error! Bookmark not defined.
4.1.4 Sebaran Konsentrasi TSS pada 20 Mei 2017 ..	Error! Bookmark not defined.
4.2 Volume Pembuangan Lumpur Sidoarjo	42
4.3 Jarak Sebaran Konsentrasi TSS	33
4.4 Tingkat Kejernihan Air	34
BAB 5. PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37

LAMPIRAN 41



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	12
2.2 Perbandingan Spektral pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS	19
2.3 Spesifikasi Peluncuran Landsat	20
2.4 Spesifikasi <i>Band</i> pada Landsat-5/7	22
2.5 Spesifikasi <i>Band</i> pada Landsat-8	23
2.6 Kesesuaian Perairan untuk Kepentingan Perikanan Berdasarkan Nilai Konsentrasi TSS	26
4.1 Kesesuaian Perairan untuk Kepentingan Perikanan Berdasarkan Nilai Konsentrasi TSS	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sistem Sensor Penginderaan Jauh	8
2.2 Proses Penginderaan Jauh	9
2.3 Gelombang Elektromagnetik	11
2.4 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	12
2.5 Jendela Atmosfer.....	13
2.6 Interaksi Gelombang Elektromagnetik dengan Atmosfer.....	14
2.7 Kurva Hubungan Nilai Reflektansi dan Panjang Gelombang pada Beberapa Objek	15
2.8 Resolusi Spasial Landsat TM dan Quickbird.....	17
2.9 <i>Digital Number</i> pada Citra Satelit.....	18
3.1 Rancangan Penelitian	29
3.2 Kerangka Pemecahan Masalah	31
4.1 Peta Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) 29 Juni 2014	38
4.2 Peta Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) 15 Mei 2015	39
4.3 Peta Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) 17 Mei 2016	40
4.4 Peta Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) 20 Mei 2017	41
4.5 Grafik Hubungan Volume Lumpur Sidoarjo dialirkan ke Kali Porong perhari dengan Nilai Luas Sebaran TSS Kelas III Tahun 2014-2017	43
4.6 Peta Jarak Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> 29 Juni 2014.....	46
4.7 Peta Jarak Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> 15 Mei 2015	46
4.8 Peta Jarak Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> 17 Mei 2016	47
4.9 Peta Jarak Sebaran <i>Total Suspended Solid</i> 20 Mei 2017	47
4.10 Tingkat Kejernihan dan Konsentrasi TSS 29 Juni 2014	49
4.11 Tingkat Kejernihan dan Konsentrasi TSS 15 Mei 2015	49
4.12 Tingkat Kejernihan dan Konsentrasi TSS 17 Mei 2016	50
4.13 Tingkat Kejernihan dan Konsentrasi TSS 20 Mei 2017	50

DAFTAR LAMPIRAN

4.1 Sebaran jarak terjauh horizontal tahun 2014-2017	58
4.2 Tingkat kejernihan muara Kali Porong tahun 2014-2017.....	58
4.3 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 29 Juni 2014.....	58
4.4 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 15 Mei 2015	59
4.5 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 17 Mei 2016.....	60
4.6 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 20 Mei 2017	61
4.7 Koreksi Radiometrik (ToA)	62
4.8 Proses <i>Cropping</i> Citra.....	62
4.9 Komposit RGB.....	63
4.10 Pemisahan Darat dan Laut	63
4.11 <i>Total Suspended Solid</i> dengan Rumus Syarif Budhiman.....	63
4.12 Hasil TSS pada <i>software</i> ArcGIS.....	64
4.10 Hasil Pengolahan TSS.....	64

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mud volcano atau gunung lumpur pertama kali memuntahkan semburan dalam bentuk lumpur panas dari perut bumi ke permukaan tanah pada 26 Mei 2006 hingga saat ini. Letusan lumpur panas tersebut muncul di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur yang berdekatan dengan lokasi pengeboran minyak dan gas oleh PT. Lapindo Brantas Inc, sehingga lokasi tersebut dikenal dengan sebutan Lumpur Lapindo atau Lumpur Sidoarjo. Beberapa ahli geologi percaya bahwa meletusnya gunung lumpur panas tersebut disebabkan oleh bencana alam yang dipicu gempa sehari sebelum letusan itu terjadi. Letusan tersebut diduga sebagai indikasi berupa pembentukan gunung lumpur sehingga tidak dapat diprediksi kapan letusan *mud volcano* akan berhenti (Krisnayanti dan Agustawijaya, 2014). Fenomena tersebut menggemparkan seluruh Indonesia bahkan dunia. Semakin hari debit lumpur Sidoarjo terus bertambah. Saat ini luas penampungan lumpur panas tersebut sudah mencapai ratusan hektar lebih. Tanggul-tanggul tinggi dibuat untuk menahan semburan lumpur panas agar tidak semakin meluas. Semburan lumpur yang hampir 13 tahun ini telah menenggelamkan beberapa desa yang berada di Kabupaten Sidoarjo-Jawa Timur.

Kabupaten Sidoarjo terletak antara 112,5°-112,9° Bujur Timur dan antara 7,3°-7,5° Lintang Selatan. Luas Kabupaten Sidoarjo yakni 714.243 km² terbagi menjadi 18 Kecamatan, 31 Kelurahan, dan 322 Desa. Kabupaten yang berlokasi di Provinsi Jawa Timur ini merupakan salah satu kabupaten yang memiliki peran penting sebagai penyangga (*buffer*) karena lokasinya berdekatan dengan ibukota Provinsi Jawa Timur yakni Surabaya. Kabupaten Sidoarjo dihimpit oleh dua sungai, sehingga sering disebut dengan kota “Delta” (Badan Pusat Statistik, 2017). Semburan lumpur panas yang terjadi di Kabupaten Sidoarjo tersebut, mengakibatkan berubahnya fungsi utama salah satu sungai besar yang menghimpit Kabupaten Sidoarjo, yakni Sungai Porong atau yang lebih dikenal dengan Kali Porong. Semburan lumpur tersebut keluar secara periodik sehingga memerlukan ruang penampungan yang semakin luas. Kolam-kolam yang telah

membendung lumpur tersebut sudah tidak dapat menahan debit yang semakin banyak. Lumpur tersebut dialirkan dengan menggunakan saluran khusus berupa pipa-pipa menuju sungai terdekat dari lokasi semburan yakni Kali Porong, yang bertujuan untuk dibuang ke muara sungai.

Berbagai macam permasalahan muncul setelah lumpur tersebut dibuang ke muara sungai melalui jalur Kali Porong. Permasalahan tersebut diantaranya kondisi muara sungai yang semakin keruh oleh sisa-sisa material yang terbawa oleh lumpur panas. Hal tersebut mempengaruhi penurunan kualitas air, vegetasi bawah air, pemukiman, bahkan sosial ekonomi di wilayah sekitar Kali Porong. Pembuangan material lumpur dalam jumlah besar dan terus menerus dapat mengakibatkan semakin tingginya tingkat kejernihan air di muara Kali Porong hingga ke Selat Madura dari pada di Kali Porong itu sendiri.

Material halus berupa padatan yang menyebabkan kejernihan air disebut dengan *Total Suspended Solid* (TSS). Material ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. TSS terdiri dari partikel-partikel yang memiliki ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen yakni maksimal 2 μ m (Ferdiaz, 1992). TSS dapat mengganggu keseimbangan ekosistem di perairan yang pada akhirnya akan berdampak buruk beberapa tahun kemudian bagi kelangsungan hidup manusia, seperti pendangkalan pelabuhan, punahnya beberapa ekosistem perairan, dan kerusakan lingkungan perairan lainnya. Menurut Pahlevi (2010) pembuangan lumpur dalam jumlah besar mengakibatkan nilai TSS meningkat sehingga dapat mempengaruhi morfologi di Kali Porong, muara Kali Porong, perairan laut Sidoarjo bahkan hingga ke Selat Madura.

Penelitian sebelumnya yang membahas mengenai TSS adalah Fegie dan Sukojo (2013). Mereka melakukan analisa terhadap sebaran TSS di Muara Perancak-Bali dengan menggunakan pengolahan data citra *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) dan *Systeme Pour l'Observation de la Terre* (SPOT). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan nilai TSS pada tahun 2008, 2010, dan 2012 ini bernilai antara 0-243 mg/l. Diiringi dengan semakin meningkatnya nilai TSS, luasan TSS pun juga meningkat dari tahun 2008 mencapai 831,22 ha, 2010 mencapai 960,21 ha, dan pada tahun 2012 mencapai

1710,16 ha. Peningkatan sebaran konsentrasi TSS tiap tahunnya berpengaruh terhadap perubahan garis pantai di daerah tersebut.

Simbolon, *et al* (2014) melakukan penelitian pola sebaran TSS dengan satelit Landsat-7 ETM menggunakan beberapa rumus. Hasil penelitian menyatakan konsentrasi TSS di perairan muara Sungai Banyuasin memiliki nilai lebih tinggi saat surut daripada saat pasang. Nilai konsentrasi TSS saat pasang yakni berkisar 113,44 mg/l – 477,11 mg/l dan pada saat surut yakni 40,333 mg/l – 754,667 mg/l. Berdasarkan pengujian beberapa rumus melalui pendekatan penginderaan jauh diketahui bahwa urutan rumus terbaik adalah rumus Syarif Budhiman, Hasyim, Sturn, dan Woerd. Rumus pendugaan konsentrasi TSS dan pola sebaran yang paling sesuai digunakan di muara Sungai Banyuasin adalah rumus Syarif Budhiman dengan koefisien determinasi R^2 (0,426).

Santoso, *et al* (2017) melakukan penelitian menggunakan data citra Landsat-8 pada tahun 2013, 2015 dan 2017 untuk menentukan kelas tingkat bahaya erosi pada DAS Bengawan Solo yang mengalir ke Waduk Gajah Mungkur. Berdasarkan penelitian tersebut luasan sebaran TSS kategori >100 mg/l pada tahun 2013 sebesar 503,78 mg/l, tahun 2015 sebesar 539,171 mg/l, dan tahun 2017 sebesar 1.186,042 mg/l. Rumus yang paling tepat untuk perairan Waduk Gajah Mungkur adalah rumus Syarif Budhiman dengan koefisien regresi 92%. Persamaan regresi Syarif Budhiman dengan TSS *in situ* adalah $Y=0,4711x+45.266$. Konsentrasi di perairan Waduk Gajah Mungkur dalam rentang waktu tahun 2013-2017 mengalami peningkatan. Tingkat bahaya erosi di DAS Bengawan Solo pada perairan Waduk Gajah Mungkur mempengaruhi pola persebaran dan perubahan nilai TSSnya.

Budianto dan Hariyanto (2017) melakukan penelitian lapang dengan mendapatkan data sebaran konsentrasi TSS di wilayah muara Sungai Porong pada tahun 2017. Daerah yang memiliki sebaran TSS tinggi yakni muara Sungai Porong, Pantai Pasuruan, muara Kali Alo, setalan Sungai Porong, dan daerah pantai utara Kali Alo. Nilai konsentrasi TSS didapatkan dengan acuan koordinat geografis lokasi penelitian, dihasilkan nilai TSS *in situ* yakni dari 28 mg/l sampai 118 mg/l pada koordinat-koordinat yang sudah ditentukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017?
2. Bagaimana perubahan jarak sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017?
3. Bagaimana perubahan tingkat kejernihan air di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian analisis perubahan kondisi muara Kali Porong dan sekitarnya dengan menggunakan citra Landsat dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Daerah yang dikaji dalam penelitian ini hanya pada muara Kali Porong, perairan laut Sidoarjo dan sekitarnya dengan titik koordinat $112^{\circ}50'16.22''$ - $112^{\circ}55'42.48''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}28'59.54''$ - $7^{\circ}35'27.49''$ Lintang Selatan.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada data hasil akuisisi citra Landsat-8 OLI/TIRS tanggal 29 Juni 2014, 15 Mei 2015, 17 Mei 2016, dan 20 Mei 2017.
3. Objek yang dikaji dalam penelitian ini berupa laju perubahan kondisi sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kejernihan air.
4. Data jumlah volume buangan Lumpur Sidoarjo pertahun dari Pusat Pengendalian Lumpur Sidoarjo (PPLS) dirata-ratakan dengan asumsi perhari sama.

1.4 Tujuan

Sesuai dengan latar belakang dan rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah,

1. Mengetahui perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017.

2. Mengetahui perubahan jarak sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017.
3. Mengetahui perubahan tingkat kejernihan air di muara Kali Porong dan sekitarnya pada tahun 2014, 2015, 2016 dan 2017.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pengaruh buangan luapan lumpur Sidoarjo terhadap kondisi lingkungan perairan, utamanya di muara Kali Porong, laut Sidoarjo dan sekitarnya. Informasi yang diberikan yakni mengenai perubahan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kejernihan air dalam bentuk peta secara multitemporal serta analisis persebarannya. Penelitian ini juga dapat menjadi sebuah referensi bagi peneliti lain untuk terus mengembangkan penelitian mengenai permasalahan lingkungan yang terjadi khususnya untuk penelitian kualitas air dan *Total Suspended Solid* (TSS).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Umum Kabupaten Sidoarjo

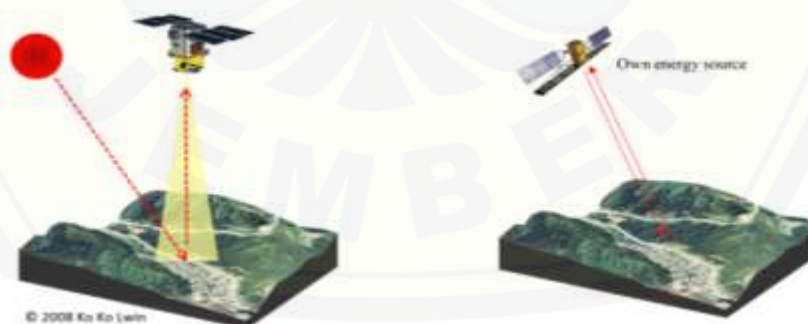
Kabupaten Sidoarjo terletak antara 112,5°-112,9° Bujur Timur dan antara 7,3°-7,5° Lintang Selatan. Luas Kabupaten Sidoarjo 714.243 km² yang terbagi menjadi 18 kecamatan, 31 kelurahan, dan 322 desa. Batas administrasi wilayah Kabupaten Sidoarjo yakni sebelah utara berbatasan dengan Kotamadya Surabaya dan Kabupaten Gresik, sebelah timur berbatasan dengan Selat Madura, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Pasuruan, dan sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto. Dihimpit oleh dua sungai besar, yakni Sungai Porong dan Sungai Kalimas, membuat Kabupaten Sidoarjo sering disebut dengan kota “Delta” (Badan Pusat Statistik, 2017).

Kabupaten Sidoarjo berlokasi di Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu kabupaten yang sedang mengembangkan potensi dalam bidang industri sumber daya energi. Berbagai pabrik besar dan kecil terdapat di kabupaten ini, khususnya di kecamatan-kecamatan yang berbatasan langsung dengan Kota Surabaya. Wilayah pesisir dan pantai di Kabupaten Sidoarjo merupakan wilayah yang memiliki banyak manfaat bagi masyarakat. Kegiatan perikanan menjadi kegiatan dominan di wilayah tersebut. Budidaya perikanan tambak memiliki luas 15.531,4 Ha. Budidaya perikanan tersebut merupakan kegiatan yang paling potensial untuk mendukung perekonomian masyarakat pesisir pantai Kabupaten Sidoarjo. Wilayah Kabupaten Sidoarjo berada di daratan rendah. Ditinjau dari topografinya wilayah bagian timur Sidoarjo memiliki ketinggian 0-3 m yang merupakan daerah pantai dan pertambakan. Wilayah bagian tengah dengan ketinggian 3-10 m dari permukaan laut merupakan daerah pemukiman, perdagangan, dan pemerintahan. Wilayah bagian barat memiliki ketinggian 10-25 m dari permukaan laut merupakan daerah pertanian. Terkait kondisi hidrogeologinya wilayah Kabupaten Sidoarjo merupakan daerah air tanah, payau, dan air asin yang memiliki luas 16.312,69 Ha. Kedalaman air tanah di wilayah ini berkisar antara 0-5 m dari permukaan tanah (Badan Pusat Statistik, 2013).

2.2 Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand dan Kiefer (2000) penginderaan jauh didefinisikan sebagai ilmu dan seni yang digunakan untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena yang diteliti melalui analisis data dengan alat yang tidak kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena tersebut. Penginderaan jauh juga dapat diartikan sebagai suatu proses membaca. Proses membaca tersebut menggunakan berbagai macam sensor, penginderaan jauh dapat mengumpulkan data dari jarak jauh yang dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang suatu objek, daerah ataupun fenomena yang diteliti. Sensor yang berperan sebagai alat perekam ini tidak berhubungan langsung dengan objek yang dikajinya. Sensor tersebut pada waktu perekamannya tidak berada di permukaan bumi, tetapi di udara atau luar angkasa. Sensor melakukan proses perekaman permukaan bumi menggunakan alat seperti satelit, pesawat terbang, balon udara dan sebagainya. Data hasil perekaman alat (sensor) tersebut masih merupakan data mentah berupa citra satelit. Pemanfaatan data citra satelit dapat digunakan sebagai sumber informasi tentang permukaan bumi dalam berbagai kepentingan bidang ilmu sehingga perlu dianalisis dengan cara menginterpretasi data citra satelit.

Menurut sumber sensornya, penginderaan jauh dibagi menjadi 2 macam yakni sensor pasif dan sensor aktif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



(a) Sensor Pasif;

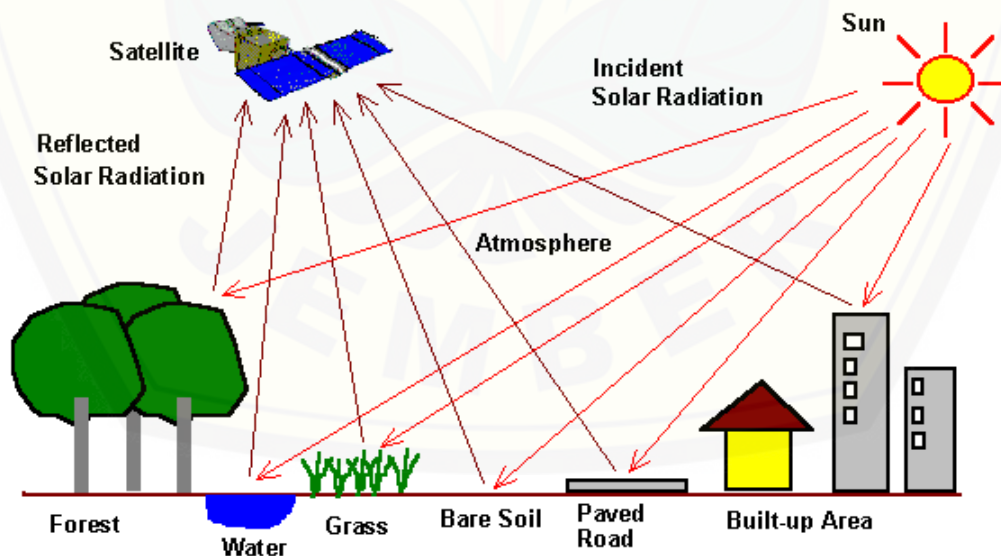
(b) Sensor Aktif

Gambar 2.1 Sistem sensor penginderaan jauh (Sumber: Lwin, 2008)

Penginderaan jauh sistem sensor pasif hanya dapat beroperasi pada siang hari saat cuaca cerah. Sistem pasif ini hanya dapat digunakan untuk mendeteksi jika tersedia energi sinar matahari dan objek akan memantulkan sebagian radiasi

yang akhirnya ditangkap oleh sensor. Energi tersebut dapat juga berasal dari pancaran suatu objek lain seperti sumber termal, misalnya sumber panas bumi dan lokasi kebakaran hutan. Sensor aktif berbeda dengan sensor pasif, sebaliknya pada penginderaan jauh sistem sensor aktif mempunyai sumber energi tersendiri yang berarti bahwa energi tersebut berasal dari sensor. Sensor dapat membangkitkan energi yang diarahkan ke objek, kemudian objek dapat memantulkannya kembali ke sensor. Energi yang dipantulkan tersebut membawa informasi tentang suatu daerah, objek, maupun fenomena. Kumpulan nilai energi yang tertangkap dan tersimpan ini berperan sebagai basis data yang kemudian dapat diamati dalam bentuk data citra. Sistem penginderaan jauh aktif tidak bergantung pada sinar matahari, karena energi bersumber pada sensor itu sendiri. Radar merupakan salah satu sistem yang bekerja dengan menggunakan sensor aktif. Radar dapat membangkitkan energi yang diarahkan ke objek. Sensor aktif pada radar dapat bekerja sepanjang waktu, siang maupun malam hari (Sutanto, 1994).

Mahdi (2014) mengemukakan bahwa proses penginderaan jauh melalui satelit melibatkan interaksi antar radiasi sinar matahari dan objek yang menjadi target di permukaan bumi ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses penginderaan jauh (Sumber: Aggarwal, 2004)

Gambar 2.2 merupakan penjelasan mengenai proses penginderaan jauh untuk menghasilkan informasi dalam bentuk data citra menggunakan sistem

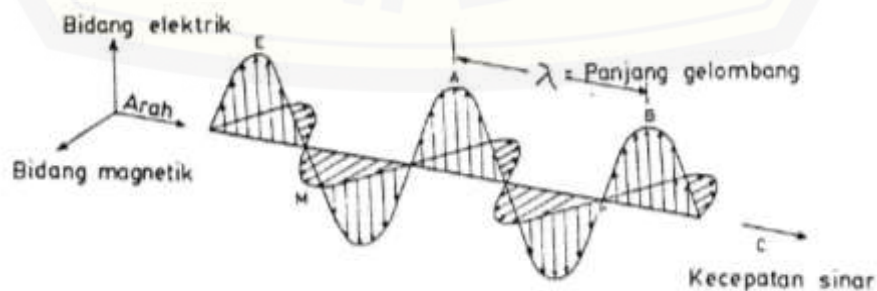
penginderaan jauh diawali dari matahari. Matahari sebagai sumber energi utama dibutuhkan untuk mendapatkan energi elektromagnetik yang dipancarkan ke objek di permukaan bumi. Ketika energi terpancar dari sumber ke objek maka akan terjadi kontak atau interaksi dengan atmosfer bumi. Interaksi ini dapat berupa serapan pantulan atau hamburan. Energi matahari yang telah sampai ke objek, kemudian akan berinteraksi. Interaksi yang dilakukan tergantung pada karakteristik objek dan radiasi. Energi direfleksikan, diserap, atau diteruskan dari suatu objek dan untuk melihat karakteristik objek berdasarkan energi yang dipantulkan atau diserap oleh objek, dibutuhkan suatu sensor yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mendeteksi radiasi elektromagnetik tersebut. Sensor penginderaan jauh pada umumnya dipasang pada satelit yang mengorbit di luar angkasa. Energi yang diterima oleh sensor dirubah dalam bentuk nilai digital kemudian diteruskan, ke stasiun penerima di bumi. Data diolah dan dirubah menjadi data citra satelit. Citra yang telah diolah kemudian diinterpretasikan secara visual, maupun digital untuk mendapatkan informasi tentang suatu objek yang diteliti. Langkah terakhir dari proses pengolahan penginderaan jauh yakni mengaplikasikan informasi yang didapat dari data citra satelit berkaitan dengan objek yang ada di permukaan bumi. Aplikasi diberbagai bidang kehidupan dengan tujuan untuk lebih memahami objek tersebut dan hasilnya berupa informasi baru yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

2.2.1 Gelombang Elektromagnetik

Matahari memancarkan energinya ke segala arah dengan panjang gelombang yang berbeda-beda dan kecepatan tetap. Energi yang digunakan pada sistem penginderaan jauh adalah energi elektromagnetik. Energi elektromagnetik merupakan paket elektrisitas dan magnetism yang bergerak dengan kecepatan sinar pada frekuensi dan panjang gelombang tertentu. Menunjukkan bahwa energi radiasi dalam bentuk energi elektromagnetik memancar berbagai panjang gelombang dan kecepatan yang bersifat tetap. Energi elektromagnetik dipancarkan matahari dengan suhu tinggi membentuk energi elektromagnetik berhubungan dengan suatu nilai panjang gelombang dan frekuensi (Chanlett, 1979).

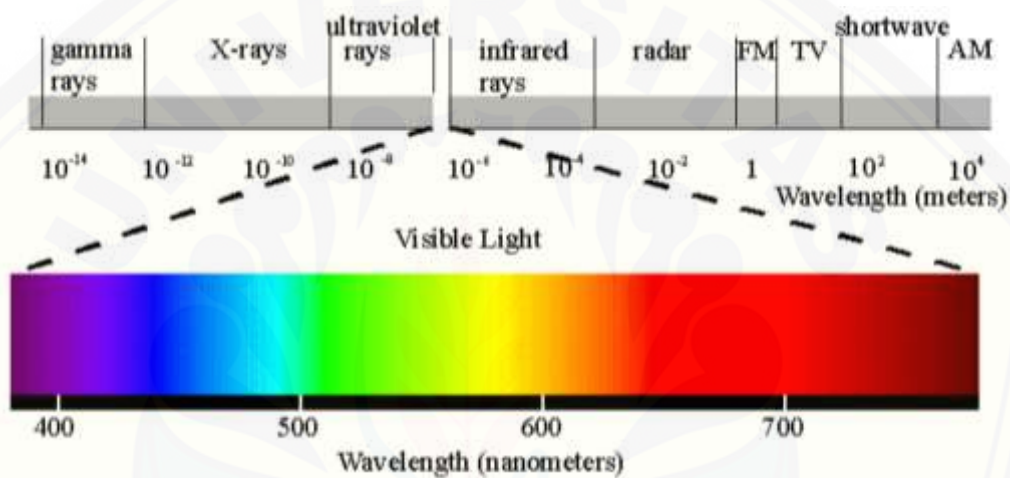
Prinsip dari sistem penginderaan jauh, objek yang memiliki temperature di atas 0 K dapat memantulkan maupun memancarkan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang tidak memerlukan medium pada proses perambatannya. Gambaran nilai spektral yang dihasilkan perekaman tersebut bergantung pada besarnya energi yang mencapai sensor. Apabila pada luasan terdapat objek yang berbeda-beda maka masing-masing dari objek akan memberikan pantulan dan pancaran elektromagnetik yang dapat diterima oleh sensor juga berbeda. Objek dapat dideteksi berdasarkan pantulan atau pancaran elektromagnetik yang dilakukan oleh objek tersebut. Setiap objek ataupun benda memiliki struktur partikel yang berbeda baik mikro maupun makro. Perbedaan ini dapat mempengaruhi respon pantulan elektromagnetiknya (Danoedoro, 2012).

Menurut Sabins (1978) sistem penginderaan jauh digunakan gelombang elektromagnetik sebagai proses perjalanan dari sistem penginderaan jauh. Matahari merupakan sumber utama gelombang elektromagnetik yang memancarkan gelombang elektromagnetiknya ke segala arah, sebagian ada yang mencapai bumi dan ada pula yang tidak. Perjalanan berlangsung dengan cara radiasi. Radiasi elektromagnetik merupakan kombinasi medan listrik dan medan magnet yang berasilasi dan merambat melewati suatu ruang. Radiasi gelombang elektromagnetik berlangsung dengan kecepatan tetap dan pola gelombang yang harmonik. Pola gelombang dikatakan harmonik karena komponen gelombangnya teratur dalam ruang dan waktu. Dua karakteristik radiasi elektromagnetik yang penting dalam penginderaan jauh adalah panjang gelombang dan frekuensi. Gelombang elektromagnetik ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Gelombang elektromagnetik (Sumber: Lilledand dan Kiefer, 2000)

Paine (1981) mengemukakan bahwa gelombang elektromagnetik terdiri dari berkas atau spektrum yang sangat luas, yakni meliputi sinar kosmik, gamma, X, ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro (*microwave*) dan radio. Seluruh spektrum ini disebut dengan spektrum elektromagnetik. Istilah spektrum digunakan untuk menunjukkan bagian tertentu spektrum elektromagnetik, seperti spektrum tampak, spektrum inframerah, dan spektrum ultraviolet. Jumlah total spektrum ini dapat disebut dengan spektrum elektromagnetik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Paine, 1981)

Tabel 2.1 menjelaskan mengenai rentang panjang gelombang dan frekuensinya untuk spektrum gelombang elektromagnetik.

Tabel 2.1 Spektrum gelombang elektromagnetik

Spektrum	Panjang Gelombang
Gamma	< 0.03 nm
X	0.03 nm – 3 nm
Ultraviolet	3 nm – 0.4 μ m
Tampak	0.4 μ m – 0.7 μ m
Biru	0.4 – 0.5 μ m
Hijau	0.5 – 0.6 μ m
Merah	0.6 – 0.7 μ m
Inframerah	0.7 – 1000 μ m
Gelombang Pendek	0.3 – 300 cm

Sumber: Paine, 1981

Radiasi memancarkan energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang bergerak ke segala arah dengan kecepatan simultan (c), sedangkan jarak dari puncak gelombang ke puncak lain (λ) dan kecepatan gelombang persatuan waktu disebut frekuensi (f). Kecepatan cahaya dapat dirumuskan sebagai berikut:

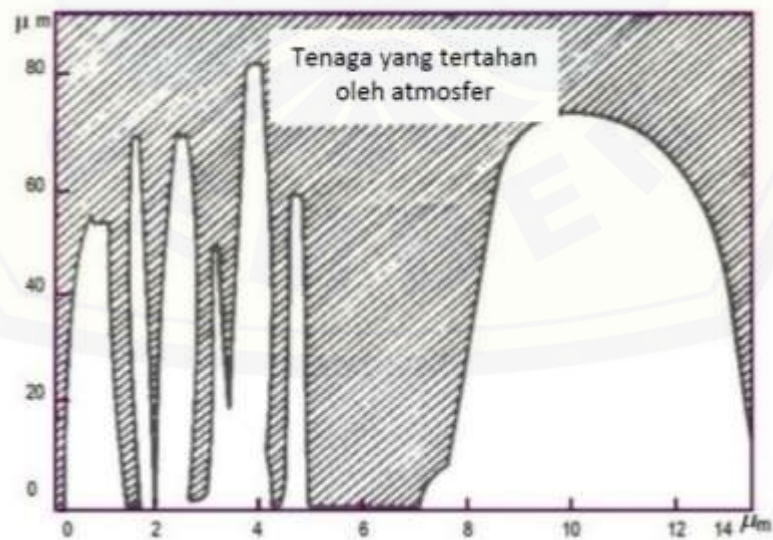
$$c = f\lambda \quad (2.1)$$

dimana:

- c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
- f = frekuensi (Hz)
- λ = panjang gelombang (μm)

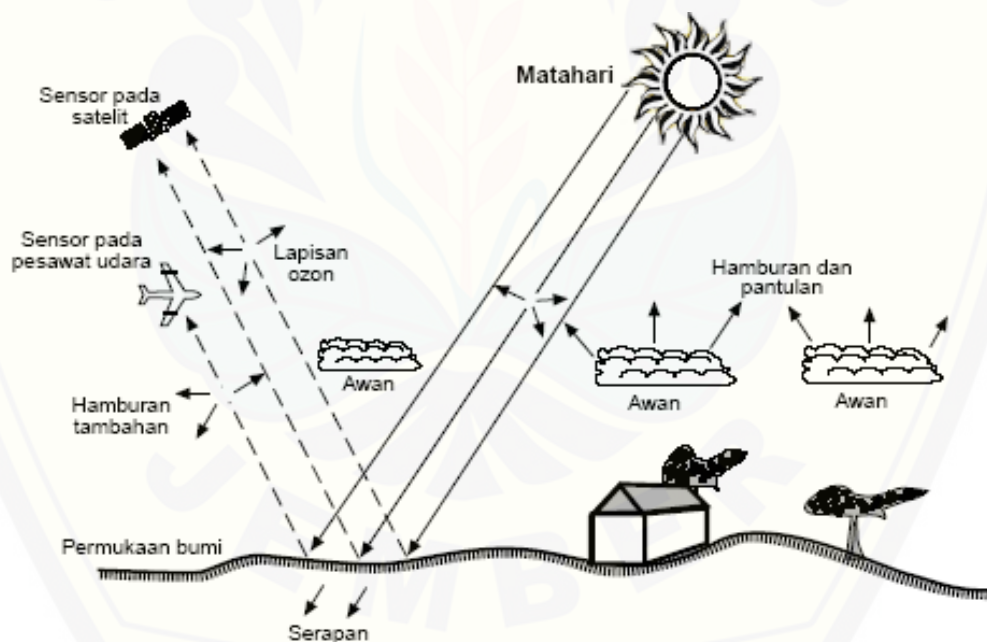
2.2.2 Interaksi Gelombang Elektromagnetik dengan Atmosfer

Smith (2006) mengungkapkan spektrum elektromagnetik merupakan suatu spektrum yang sangat luas namun hanya sebagian kecil saja yang dapat digunakan dalam teknologi penginderaan jauh. Hal ini dikarenakan atmosfer hanya dapat dilalui atau ditembus oleh sebagian kecil spektrum elektromagnetik. Bagian dari spektrum elektromagnetik yang dapat melalui atmosfer dan mencapai permukaan bumi disebut dengan jendela atmosfer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Jendela atmosfer (Sumber: Sutanto, 1994)

Sabins (1978) berpendapat bahwa jendela atmosfer yang paling banyak digunakan dalam penginderaan jauh adalah spektrum tampak. Spektrum tampak dibatasi oleh panjang gelombang 0,4-0,7 μm . Spektrum tersebut disebut dengan spektrum tampak dikarenakan mata manusia sebagai sensor alamiah dapat digunakan untuk melihat sesuatu. Saat radiasi mencapai permukaan bumi, radiasi tersebut melewati atmosfer bumi yang tebalnya ribuan kilometer. Partikel dan gas di atmosfer dapat berpengaruh terhadap radiasi dan sinar yang masuk. Radiasi yang tidak diserap atau tidak dibelokkan saat di atmosfer dapat menyentuh dan berinteraksi dengan permukaan bumi. Perjalanan energi elektromagnetik dalam bentuk panas di atmosfer lapisan bawah juga secara konveksi. Memiliki pengaruh kecil sehingga sering diabaikan. Tiga bentuk interaksi yang mungkin terjadi, yaitu: penyerapan, transmisi dan pemantulan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.

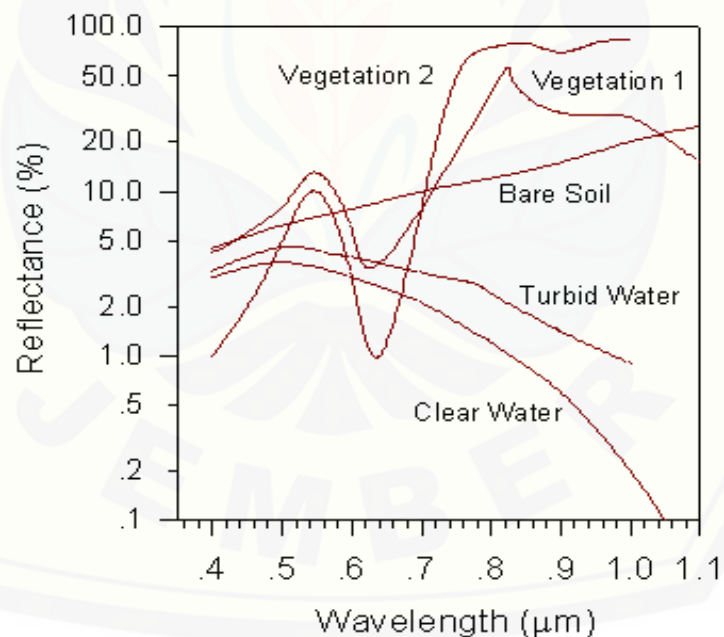


Gambar 2.6 Interaksi gelombang elektromagnetik dan atmosfer (Sumber: Mahdi, 2014)

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 terdapat beberapa sifat gelombang elektromagnetik ketika mengenai suatu objek yakni diserap, ditransmisikan maupun dipantulkan. Sebagian gelombang elektromagnetik yang dapat mencapai permukaan bumi diserap oleh objek di permukaan bumi, sedangkan sisanya dipantulkan olehnya hingga mencapai sensor yang dipasang

pada pesawat terbang, satelit, balon udara atau lainnya. Setiap objek mempunyai karakteristik tersendiri dalam menyerap dan memantulkan gelombang yang diterimanya. Karakteristik ini disebut dengan karakteristik spektral atau karakteristik pantulan.

Karakteristik spektral disebut juga dengan *spectral signature* mempunyai sifat khusus bagi setiap objek. Objek yang banyak memantulkan gelombang elektromagnetik tampak cerah pada citra, sedangkan objek yang banyak menyerap energi akan tampak lebih gelap pada citra. Radiasi matahari yang mengenai permukaan target, kemungkinan target radiasi tersebut dapat dipantulkan, diserap atau diteruskan. Objek yang berbeda akan memiliki panjang gelombang yang berbeda. Prinsip sebuah objek dapat diidentifikasi berdasarkan pancaran *spectral signature* (Sutanto, 1994). Gambar 2.7 merupakan kurva hubungan nilai reflektansi dan panjang gelombang pada beberapa objek yang ditangkap oleh sensor diantaranya adalah vegetasi, tanah dan air.



Gambar 2.7 Kurva hubungan nilai reflektansi dan panjang gelombang pada beberapa objek (Sumber: Purwadhi *et al*, 2009)

Reflektansi air jernih umumnya bernilai rendah, namun memiliki pantulan maksimumnya yang terletak pada ujung spektrum biru dan menurun saat panjang gelombang meningkat. Air jernih tampak berwarna gelap-kebiruan. Air keruh

mengandung beberapa padatan suspensi yang akan meningkatkan pantulan pada akhir spektrum merah, sehingga pantulan spektrum pada air keruh akan berwarna kecoklatan pada citra yang dihasilkan oleh satelit. Reflektansi pada tanah gundul bergantung terhadap komposisi yang tersusun atas tanah tersebut. Tanah gundul memiliki nilai reflektansi meningkat sesuai dengan peningkatan panjang gelombang oleh karena itu akan tampak berwarna merah-kekuningan. Nilai reflektansi vegetasi akan bernilai rendah pada spektrum biru dan merah, karena terjadi proses penyerapan oleh klorofil. Vegetasi memiliki pantulan yang memuncak pada spektrum hijau. Bentuk reflektansi spektrum tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis vegetasi (Purwadhi *et al*, 2009).

2.3 Satelit Penginderaan Jauh

Berdasarkan orbitnya, satelit penginderaan jauh dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yakni satelit geostasioner dan satelit sinkron matahari. Satelit geostasioner diorbitkan pada ketinggian kurang lebih 36.000 km di atas permukaan bumi. Ketinggian ini, pengaruh oleh gaya gravitasi dan sentrifugal bumi kurang lebih sebanding, sehingga satelit yang ditempatkan di posisi ini tidak dapat tertarik ke bumi maupun terlempar ke luar orbit. Umumnya satelit geostasioner merupakan satelit yang bekerja untuk mengamati cuaca, misalnya GOES, TIROS-1, ATS-1, NOAA, MODIS dan AVHRR. Satelit geostasioner hanya mampu merekam wilayah yang sama secara terus-menerus sepanjang hari, akan tetapi memiliki cakupan liputan yang sangat luas. Memiliki posisi yang relatif tetap di atas permukaan bumi, satelit jenis ini disebut dengan sinkron bumi (*geo-synchronous satellite*). Satelit sinkron matahari (*sun-synchronous satellite*) disebut juga sebagai satelit yang berorbit polar karena mengorbit bumi dengan hampir melewati kutub sehingga dapat meliputi hampir seluruh bagian permukaan bumi. Ketinggian orbit dari satelit jenis ini antara 600 km sampai dengan 1000 km di atas permukaan bumi, jauh lebih rendah dibandingkan satelit geostasioner. Hampir semua satelit matahari merupakan satelit yang bekerja untuk mengamati sumberdaya di permukaan bumi, misalnya Landsat, SPOT, Quickbird dan JERS (Danoedoro, 2012).

2.3.1 Resolusi Citra

Rancangan penempatan sensor ditentukan oleh karakteristik khusus dari objek yang diinginkan dari suatu objek tersebut. Aplikasi penginderaan jauh mempunyai kebutuhan khusus mengenai cakupan luas area, frekuensi pengukuran dan tipe energi yang akan dideteksi. Hal tersebut mendasari data penginderaan jauh menghasilkan bentuk matrik citra atau *image* yang dikenal sebagai piksel. Piksel merupakan satuan terkecil citra berbentuk segi-empat sama sisi. Data citra dihasilkan oleh sensor satelit mempunyai resolusi yang merupakan suatu ukuran kemampuan sensor dalam satelit penginderaan jauh. Sistem sensor satelit memiliki empat macam resolusi, yakni resolusi spasial, resolusi radiometrik, resolusi temporal, dan resolusi spektral. Resolusi merujuk pada seberapa besar akurasi yang dapat dijangkau oleh citra satelit (Lintz dan Simonett, 1976). Beberapa macam-macam resolusi yaitu sebagai berikut:

1. Resolusi Spasial

Resolusi spasial menunjukkan level detail yang ditangkap oleh sensor satelit. Semakin detail sebuah objek semakin tinggi resolusi spasial yang diperlukan. Resolusi dibatasi ukuran piksel dari citra satelit sehingga ada istilah resolusi tinggi, resolusi menengah dan resolusi rendah. Semakin tingkat kedetailan objek yang ditangkap oleh sensor, maka semakin tinggi resolusi spasial yang diperlukan. Sebagai contoh, pemetaan penggunaan lahan membutuhkan resolusi spasial sensor yang lebih tinggi daripada pengamatan cuaca yang berskala besar. Resolusi citra Landsat TM dan Quickbird ditunjukkan pada Gambar 2.8.

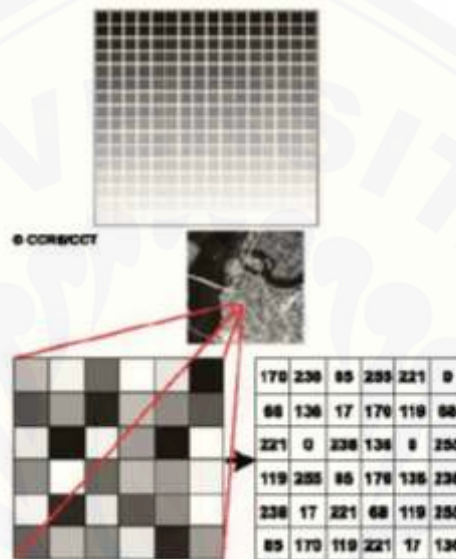


(a) Landsat TM 30m x 30m, (b) Quickbird 67cm x 67cm

Gambar 2.8 Resolusi spasial Landsat TM dan Quickbird (Sumber: Lwin, 2008)

2. Resolusi Radiometrik

Resolusi radiometrik merujuk pada perubahan intensitas terkecil yang dideteksi oleh sistem sensor satelit. Resolusi radiometrik pada citra digital diwakili oleh tipe data yang digunakan untuk mempresentasikan nilai-nilai intensitas. Resolusi ini mempengaruhi *Digital Number* dari suatu objek. *Digital number* pada citra satelit ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Digital number* pada citra satelit (Sumber: Sutanto, 1994)

3. Resolusi Temporal

Resolusi temporal memiliki kemampuan sensor untuk merekam ulang objek yang sama secara berurutan (periode waktu pengambilan gambar). Landsat generasi pertama yakni Landsat 1, 2 dan 3 memiliki resolusi temporal yakni 18 hari, Landsat generasi selanjutnya yakni memiliki resolusi 16 hari, SPOT yakni 26 hari, dan Ikonos antara 2-3 hari.

4. Resolusi Spektral

Resolusi spektral merupakan kemampuan suatu sistem optik-elektronik untuk membedakan objek berdasarkan pantulan atau pancarannya. Resolusi spektral menggambarkan batas spektral atau lebar *band* yang direkam oleh sensor satelit. Semakin banyak jumlah *band* dengan rentang yang sempit maka akan semakin tinggi kemungkinannya untuk membedakan objek berdasarkan respons spektralnya dalam mengidentifikasi interval panjang gelombang elektromagnetik.

Tabel 2.2 menunjukkan perbandingan rentang spektral pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS.

Tabel 2.2 Perbandingan spektral pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS

Landsat 7 ETM+			Landsat 8 OLI/TIRS		
			<i>Band 1</i>	30 m <i>Coastal/Aerosol</i>	0.435-0.451
<i>Band 1</i>	30 m <i>Blue</i>	0.441-0.514	<i>Band 2</i>	30 m <i>Blue</i>	0.452-0.512
<i>Band 2</i>	30 m <i>Green</i>	0.519-0.601	<i>Band 3</i>	30 m <i>Green</i>	0.533-0.590
<i>Band 3</i>	30 m <i>Red</i>	0.631-0.692	<i>Band 4</i>	30 m <i>Red</i>	0.636-0.673
<i>Band 4</i>	30 m <i>NIR</i>	0.772-0.898	<i>Band 5</i>	30 m <i>NIR</i>	0.851-0.879
<i>Band 5</i>	30 m <i>SWIR-1</i>	1.547-1.749	<i>Band 6</i>	30 m <i>SWIR-1</i>	1.566-1.651
<i>Band 6</i>	60 m <i>TIR</i>	10.31-12.36	<i>Band 10</i>	100 m <i>TIR-1</i>	10.60-11.19
			<i>Band 11</i>	100 m <i>TIR-2</i>	11.50-12.51
<i>Band 7</i>	30 m <i>SWIR-2</i>	2.064-2.345	<i>Band 7</i>	30 m <i>SWIR-2</i>	2.107-2.294
<i>Band 8</i>	15 m <i>Pan</i>	0.515-0.896	<i>Band 8</i>	15 m <i>Pan</i>	0.503-0.676
			<i>Band 9</i>	30 m <i>Cirrus</i>	1.363-1.384

(Sumber: Lwin, 2008)

2.3.2 Koreksi Citra

Data citra satelit saat sebelum dilakukan proses pengolahan maupun analisis harus dilakukan pengkoreksian terlebih dahulu. Proses koreksi sangat penting dilakukan karena saat satelit merekam permukaan bumi terjadi distorsi sehingga dapat menurunkan kualitas citra. Distorsi yang terjadi diakibatkan oleh jarak antara satelit yang berada di luar angkasa dengan permukaan bumi yang sangat jauh. Distorsi yang muncul biasanya mempengaruhi radiometrik citra yang dapat diakibatkan oleh gangguan atmosfer. Dinamika posisi satelit dan pergerakan satelit pada orbitnya mampu memunculkan distorsi yang mengakibatkan posisi sebenarnya antara citra satelit dengan permukaan bumi. Proses koreksi sangat diperlukan untuk perbaikan baik secara radiometrik maupun geometrik. Koreksi geometrik menyempurnakan ketidakakuratan citra satelit yang terlihat dari adanya distorsi atau pergeseran lokasi suatu objek pada citra dari lokasi sebenarnya di bumi. Koreksi geometrik dapat dibandingkan dengan data yang telah valid seperti peta koordinat. Koreksi radiometrik merupakan perbaikan piksel pada citra satelit akibat kesalahan serta untuk meningkatkan visualisasi citra sehingga suatu data citra dapat terlihat lebih jelas (Sutanto, 1994).

2.3.3 Land Satellite (Landsat)

Land Satellite atau istilah pertamanya *Earth Resource Technology Satellite* (ERTS) merupakan satelit pengamat bumi milik Amerika Serikat. Spesifikasi peluncuran Landsat ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi Peluncuran Landsat

Nama Satelit	Peluncuran	Keterangan
Landsat 1	23 Juli 1972	-
Landsat 2	22 Januari 1975	-
Landsat 3	5 Maret 1978	Berakhir 31 Maret 1983
Landsat 4	16 Juli 1982	Berakhir tahun 1993
Landsat 5	1 Maret 1984	Berakhir Desember 2012
Landsat 6	5 Oktober 1993	Gagal mencapai orbit
Landsat 7	15 Desember 1999	Kerusakan sejak Mei 2003
Landsat 8	11 Februari 2013	Aktif samapi sekarang

Sumber: Finn, 2013

Sistem penginderaan jauh terdiri dari objek permukaan bumi yang diamati dengan menggunakan berbagai macam sensor pengamat. Sensor tersebut terletak pada satelit yang bergerak sesuai orbitnya. Sensor tersebut merekam pengamatan yang berulang dan cakupan liputan yang luas. Program dari Landsat merupakan program satelit tertua dalam program observasi yang ada di bumi. Tahun 1972 Landsat pertama kali diluncurkan dengan nama Landsat-1 yang membawa sensor bernama *Multi Spectral Scanner* (MSS). Landsat merupakan satelit milik Amerika Serikat. 1 Maret 1984, Amerika telah meluncurkan Landsat-5 dengan membawa sensor *Thematic Mapper* (TM). Sensor pada Landsat-5 memiliki resolusi spasial 30m x 30m pada *band* 1, 2, 3, 4, 5, dan 7. Sensor tersebut berfungsi untuk mengamati objek di permukaan bumi dengan menggunakan 7 *band* spektral, yaitu *band* 1, 2, dan 3 yang merupakan sinar tampak (*visible*), *band* 4, 5, dan 7 merupakan inframerah dekat dan inframerah menengah, pada *band* 6 merupakan inframerah termal. *Band* 6 mempunyai resolusi yang berbeda dari *band-band* lainnya yakni 120m x 120m. Landsat-5 mempunyai kemampuan untuk meliputi daerah yang sama pada permukaan bumi setiap 16 hari sekali dengan nilai *path* dan *row* sama, pada ketinggian orbit 705 km.

Citra satelit Landsat-7 ETM merupakan satelit dengan membawa instrumen ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) ini memiliki delapan *multispectral scanning radiometer*. Diluncurkan pada bulan April 1999 dengan membawa ETM+*scanner*. *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) atau dikenal dengan nama Landsat-8 merupakan satelit generasi terbaru dari program Landsat. Satelit ini merupakan proyek gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA *Goddard Space Flight Center* dan diluncurkan pada 11 Februari 2013 di Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg, California, Amerika Serikat. Satelit Landsat-8 yang direncanakan punya durasi misi selama 5-10 tahun dilengkapi dengan sensor yang terbaru pengembangan dari satelit-satelit Landsat sebelumnya. Kedua sensor tersebut yaitu sensor *Operational Land Manager* (OLI) yang terdiri dari 9 *band* serta sensor *Thermal InfraRed Sensores* (TIRS) yang terdiri dari 2 *band*. Untuk sensor OLI yang dibuat oleh *Ball Aerospace*, terdapat 2 *band* yang baru terdapat pada satelit program Landsat yaitu *Deep Blue Coastal/Aerosol Band* (0,433–0,453 μm) yang digunakan untuk deteksi wilayah pesisir serta *Ashortwave-InfraRed Cirrus Band* (1,360–1,390 μm) yang digunakan untuk mendeteksi awan cirrus. Sedangkan sisa 7 *band* lainnya merupakan *band* yang sebelumnya juga telah terdapat pada sensor satelit Landsat generasi sebelumnya. Berikut merupakan daftar 9 *band* yang terdapat pada sensor OLI:

1. *Return Beam Vidicon* (RBV). Instrumen RBV merupakan sistem sensor yang mirip kamera televisi yakni merekam gambar permukaan bumi di sepanjang lintasan satelit. Hasil rekaman citranya berupa *frame image* berukuran 185km x 185km. Landsat 1 dan 2 menggunakan 3 kamera RBV yang dipisahkan oleh filter transmisi yang berbeda hingga memungkinkan perekaman 3 *band* spektral yang berbeda.
2. *Multi Spectral Scanner* (MSS). Sistem sensor yang berupa sistem *scanner* ini secara bersamaan dapat merekam bagian permukaan bumi yang sama (*scene*) dengan menggunakan beberapa domain panjang gelombang yang dimilikinya berbeda-beda. Landsat menggunakan sistem sensor merekam data 4 *band* dari spektrum terlihat (*visible*) hingga inframerah. Sistem ini ada pada Landsat generasi 1, 2 dan 3.

3. *Thematic Mapper* (TM). Instrumen TM merupakan sistem sensor berupa *crosstrack scanner*. Sistem sensor Landsat ini merekam data 7 *band* dari domain terlihat (*visible*) hingga inframerah termal (LWIR). Instrumen ini mulai digunakan pada Landsat-5.
4. *Enhanced Thematic Mapper* (ETM). ETM atau ETM+ pada Landsat-7 adalah sistem sensor yang merupakan perbaikan dari sistem TM dengan tambahan *band* pankromatik memiliki resolusi 15m x 15m untuk mendapatkan resolusi spasial yang lebih tinggi.
5. *Operational Land Manager* (OLI). Sistem pada Landsat-8 yang merupakan asli buatan dari *Ball Aerospace*. Sistem sensor ini memiliki 9 *band* dan terdapat 2 *band* yang baru pada satelit program Landsat yaitu *Deep Blue Coastal/Aerosol Band* (0,433–0,453 μm) untuk deteksi wilayah pesisir serta *Shortwave-InfraRed Cirrus band* (1,360–1,390 μm) untuk mendeteksi awan cirrus.
6. *Thermal InfraRed Sensors* (TIRS). Instrumen TIRS terdapat pada satelit Landsat-8. Sensor satelit ini dibuat oleh NASA *Goddard Space Flight Center*, terdapat dua *band* pada region termal yang mempunyai resolusi spasial 100m x 100m.

Karakteristik antara sensor yang dibawa oleh Landsat-5 dan Landsat-7 memiliki kesamaan, sedangkan spesifikasi untuk Landsat-8 terdapat beberapa perbedaan. Berikut spesifikasi *band* untuk Landsat-5/7 dan Landsat-8 ditunjukkan pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 (Finn, 2013).

Tabel 2.4 Spesifikasi *band* pada Landsat-5/7

Landsat-5/7 Bands	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)
<i>Band 1 – Blue</i>	0.45 – 0.52	30
<i>Band 2 – Green</i>	0.52 – 0.60	30
<i>Band 3 – Red</i>	0.63 – 0.69	30
<i>Band 4 – NIR</i>	0.77 – 0.90	30
<i>Band 5 – SWIR</i>	1.57 – 1.75	30
<i>Band 6 – Thermal Infrared</i>	10.40 – 12.50	60
<i>Band 7 – SWIR</i>	2.09 – 2.35	30
<i>Band 8 – Panchromatic</i>	0.52 – 0.90	15

Sumber: Finn, 2013

Tabel 2.5 Spesifikasi *band* pada Landsat-8

Landsat-8 Bands	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)
<i>Band 1 – Coastal Aerosol</i>	0.43 – 0.45	30
<i>Band 2 – Blue</i>	0.45 – 0.51	30
<i>Band 3 – Green</i>	0.53 – 0.59	30
<i>Band 4 – Red</i>	0.64 – 0.67	30
<i>Band 5 – NIR</i>	0.85 – 0.88	30
<i>Band 6 – SWIR 1</i>	1.57 – 1.65	30
<i>Band 7 – SWIR 2</i>	2.11 – 2.29	30
<i>Band 8 – Panchromatic</i>	0.50 – 0.68	15
<i>Band 9 – Cirrus</i>	1.36 – 1.38	30
<i>Band 10 – TIRTS 1</i>	10.60 – 11.19	100
<i>Band 11 – TIRTS 2</i>	11.50 – 12.51	100

Sumber: Finn, 2013

2.4 Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Sumber Daya Air

Aplikasi penginderaan jauh dapat digunakan dalam bidang sumber daya air seperti mendeteksi pencemaran air, penilaian usia danau, maupun memperkirakan bahaya banjir. Interpretasi teknologi penginderaan jauh juga digunakan untuk mempelajari mengenai kualitas perairan, salah satunya adalah *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kejernihan air. Dapat juga digunakan dalam bidang pencemaran lingkungan air. Umumnya sebagian besar sinar matahari yang masuk ke dalam tubuh air jernih akan diserap pada kedalaman kurang lebih dua meter dari permukaan air. Adanya suatu materi-materi bersifat organik dan anorganik yang tersuspensi dapat mempengaruhi nilai pantulan dari suatu perairan. Informasi mengenai nilai pantulan dari cahaya pada perairan dapat digunakan untuk memberi gambaran mengenai kualitas suatu perairan tersebut (Barret dan Curtis, 1982). Tingkat serapan dan pantulan cahaya bergantung pada nilai dari panjang gelombang. Panjang gelombang inframerah memiliki pantulan yang dapat diserap pada lapisan tipis sehingga menghasilkan rona citra yang sangat gelap pada data citra meskipun perairannya dangkal. Serapan pada spektrum, tampak sangat berbeda-beda sesuai dengan sifat perairan yang diteliti (Lillesand dan Kiefer, 2000).

Semua air alamiah mengandung beberapa ketidakmurnian yang dianggap tercemar bila kandungan zat pencemarannya cukup untuk dibatasi penggunaan air tersebut. Tidak semua kandungan zat pencemaran merupakan hasil kegiatan manusia. Salah satu sumber kandungan zat pencemar air meliputi zat mineral yang tercuci dari tanah dan rombakan tetumbuhan. Adapun beberapa jenis material yang apabila dalam jumlah besar dapat menyebabkan pencemaran air yakni sebagai berikut:

- (A) Sisa bahan organik berasal dari buangan rumah tangga dan buangan industri yang berasal dari binatang dan tumbuhan yang mengambil kandungan oksigen dalam air melalui penguraian kimiawi dekomposisi.
- (B) Zat penyebab infeksi yang berasal dari buangan rumah tangga dan jenis buangan industri tertentu yang dapat membawa penyakit.
- (C) Pangan tetumbuhan yang dapat memacu tumbuhnya tumbuhan air seperti ganggang dan rumput air.
- (D) Zak kimiawi organik buatan seperti pembersih dan pestisida yang dihasilkan oleh teknologi kimiawi yang dapat meracuni tumbuhan air dan berpotensi pula untuk meracuni manusia dan ikan di air.
- (E) Bahan mineral dan kimiawi non-organik akibat dari kegiatan pertambangan, pengolahan pabrik, pembuatan minyak dari tanaman, dan pelaksanaan pertanian yang mengganggu pemurnian aliran air.
- (F) Pencemaran radioaktif yang dihasilkan dari proses penambangan dan pengolahan bijih radioaktif, pemurnian material radioaktif dan buangan pengujian nuklir.

Sumber pencemaran memiliki karakteristik pantulan yang berbeda-beda dengan perairan, maka percampuran keduanya dapat diidentifikasi dengan menggunakan data citra satelit. Data citra tersebut dapat digunakan sebagai bukti untuk menampilkan contoh sumber pencemaran yang dikumpulkan (Lillesand dan Kiefer, 2000).

Pencemaran air merupakan suatu perubahan keadaan yang terjadi pada penampungan air seperti sungai, lautan dan danau yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Perubahan keadaan tersebut mengakibatkan penurunan kualitas air

hingga tingkat yang membahayakan sehingga air tidak dapat digunakan sesuai dengan manfaatnya. Sungai, lautan, dan danau sangat penting dalam siklus kehidupan manusia. Berbagai macam pemanfaatan dari air yakni untuk sistem irigasi pertanian, bahan baku air minum, bahkan sebagai objek wisata (Arief, 2012).

Citra Landsat memiliki tingkat sensitifitas terhadap obyek yang berbeda-beda menurut energi panjang gelombangnya. Dalam membedakan tingkat kejernihan air yang berhubungan dengan perbedaan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dapat dilakukan dengan menggunakan *band 4* citra satelit Landsat-8. Energi pada *band 4* ($0.64 \mu\text{m}$ - $0.67 \mu\text{m}$) air dapat memantulkan energi elektromagnetik yang tinggi sehingga dapat mengakibatkan nilai piksel pada data digital citra landsat menjadi tinggi (Maeden dan Kapetsky, 1991).

2.5 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan material halus berupa padatan yang menyebabkan kekeruhan air. Material ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. TSS terdiri dari partikel-partikel yang memiliki ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen yakni maksimal $2\mu\text{m}$. Beberapa contoh misalnya tanah liat, bahan organik, dan sel-sel mikroorganisme (Ferdiaz, 1992). Menurut Effendi (2003), TSS adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1 \mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori $0,45 \mu\text{m}$. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan adalah kikisan tanah yang terbawa ke perairan. Bahan-bahan terlarut dan tersuspensi pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan, terutama TSS dapat meningkatkan nilai kekeruhan. Hal tersebut selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari menuju dasar perairan. Sehingga dapat mengakibatkan proses fotosintesis tidak berlangsung sempurna. Kisaran nilai TSS untuk kepentingan perikanan ditunjukkan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kesesuaian perairan untuk kepentingan perikanan berdasarkan nilai konsentrasi TSS

Nilai TSS (mg/l)	Pengaruh terhadap kepentingan Perikanan
<25	Tidak berpengaruh
25-80	Sedikit berpengaruh
81-400	Kurang baik bagi kepentingan perikanan
>400	Tidak baik bagi kepentingan perikanan

Sumber: Alabaster dan Lyod, 1980 dalam Effendi, 2003

Sastrawijaya (2000) menyatakan bahwa konsentrasi TSS dalam perairan umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, limbah manusia, limbah hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, serta limbah industri. TSS terdiri dari material anorganik dan organik, material anorganik berasal dari proses pelapukan batuan yang ditranspor melalui sungai dan udara, ada juga yang berasal dari dalam laut itu sendiri. Sehingga TSS menjadi salah satu parameter yang dapat digunakan untuk pengukuran kualitas suatu perairan. Menurut Sanusi (2006) produk pelapukan dari darat yang ditranspor ke laut melalui sungai mencapai $1,8 \times 10^{16}$ gram/tahun, sedangkan melalui jalur udara sebesar $1-5 \times 10^{14}$ gram/tahun. Batas diameter padatan tersuspensi adalah $\geq 0,45 \mu\text{m}$, terlarut jika diameternya $< 0,2 \mu\text{m}$ dan koloid jika diameternya diantara $0,2 \mu\text{m}-0,45 \mu\text{m}$.

Menurut Budhiman (2004) perhitungan nilai konsentrasi TSS dalam pengolahannya menggunakan rumus TSS dari rumus yang didapatkan pada pemetaan sebaran TSS di perairan Delta Mahakam, dengan koefisien determinasi (R^2) 0,94. Rumus Syarif Buhiman menggunakan nilai *irradiance reflectance* ($R(0-)$) dari *band* merah sebagai *input*. *Band* merah dapat memberikan indentifikasi terhadap nilai konsentrasi TSS yang lebih baik. Nilai eksponensial dihasilkan dari *band* merah dan hijau yang berhubungan dan mendekati linear dalam mengetahui nilai TSS. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari nilai-nilai TSS yang negatif. Dalam artian nilai hasil TSS harus akan selalu bernilai positif. Berikut persamaan 2.2 yang merupakan rumus Budhiman,

$$TSS_{(mg/l)} = A * \exp^{(S * R(0-) * b1)}$$

$$TSS_{(mg/l)} = 8.1744 * \exp^{(23.738 * \text{band red})} \quad (2.2)$$

Keterangan:

TSS = *Total Suspended Solid* (mg/l)

A = nilai konstanta rumus

S = nilai konstanta sedimen (mg/l)

R (0-) b1= *Irradiance reflectance input band red*

2.6 Kejernihan

Kejernihan suatu perairan bergantung pada zat-zat tersuspensi yang ada di suatu perairan baik zat tersuspensi organik maupun anorganik. Kejernihan dapat menggambarkan sejumlah atau sebagian cahaya yang diteruskan pada kedalaman tertentu. Kejernihan atau transparansi perairan dapat ditentukan secara visual dengan menggunakan alat yang disebut *secchi disk* memiliki diameter 30 cm yang pertama kali dikembangkan oleh Profesor Secchi. Nilai kejernihan yang dinyatakan dengan satuan meter ini sangat dipengaruhi oleh kekeruhan air dan padatan tersuspensi. Kekeruhan menggambarkan suatu sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di air. Kekeruhan dapat disebabkan oleh bahan organik dan anorganik yang tersuspensi seperti lumpur, pasir halus, bahan anorganik, dan bahan organik seperti plankton dan mikroorganisme (Effendi, 2000). Kekeruhan yang tinggi ataupun kejernihan yang rendah dapat menghambat penetrasi cahaya ke perairan sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis. Tingkat kejernihan perairan merupakan suatu angka yang dapat menunjukkan seberapa jauh jarak penetrasi cahaya matahari menembus suatu perairan. Nilai kejernihan dinyatakan dalam meter. Semakin tinggi kekeruhan suatu perairan, maka akan semakin rendah penetrasi cahaya yang dapat menembus perairan tersebut, sehingga tingkat kejernihan akan menjadi semakin rendah (Mujito, 1997).

Menurut Ghufran (2007) kejernihan adalah sebagian cahaya yang diteruskan ke dalam air dan dinyatakan dengan persen (%), dari beberapa panjang gelombang di daerah spektrum yang terlihat oleh cahaya melalui lapisan sekitar satu meter, jatuh agak lurus pada permukaan air. Kemampuan cahaya untuk menembus dasar perairan dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan air. Kekeruhan air

sangat dipengaruhi oleh (1) benda-benda halus yang disuspensikan, seperti lumpur, (2) adanya jasad-jasad renik (plankton), (3) warna air. Kekeruhan menyebabkan sinar yang datang ke air akan lebih banyak dihamburkan dan diserap dibandingkan dengan yang diteruskan. Arfiati (2009) menyatakan bahwa secara vertikal, kejernihan akan mempengaruhi intensitas cahaya yang akan menentukan tebalnya lapisan *eufotik*. Dalam distribusi fitoplanton, faktor cahaya sangat diperlukan dalam proses fotosintesis. Di danau terdapat hanya 0,056 % dari total energi radiasi yang jatuh dipermukaan bumi. Pada pemanfaatannya di perairan sangat produktif hanya menggunakan ini sekitar 3% oleh fitoplankton setiap tahunnya.

Kekeruhan air sangat dipengaruhi oleh kadar zat tersuspensi dalam air. Zat tersuspensi terdiri dari berbagai macam zat yang melayang-layang dalam air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Bahan-bahan organik ini selain berasal dari buangan kegiatan manusia seperti kegiatan industri, pertanian, pertambangan atau kegiatan rumah tangga. Terdapat beberapa substansi yang tidak terlarut tetapi hanyut bersama air sebagai *suspended solid* (Effendi, 2003). Penelitian ini untuk mendapatkan nilai kejernihan menggunakan persamaan tingkat kejernihan dari Mujito (1997).

$$\text{Kejernihan} = 17,51427 - 0,10925 * b1 \quad (2.3)$$

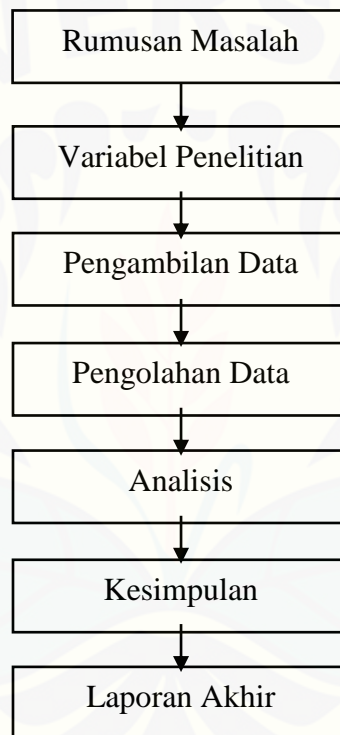
Keterangan:

b1 = *Input band red*

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

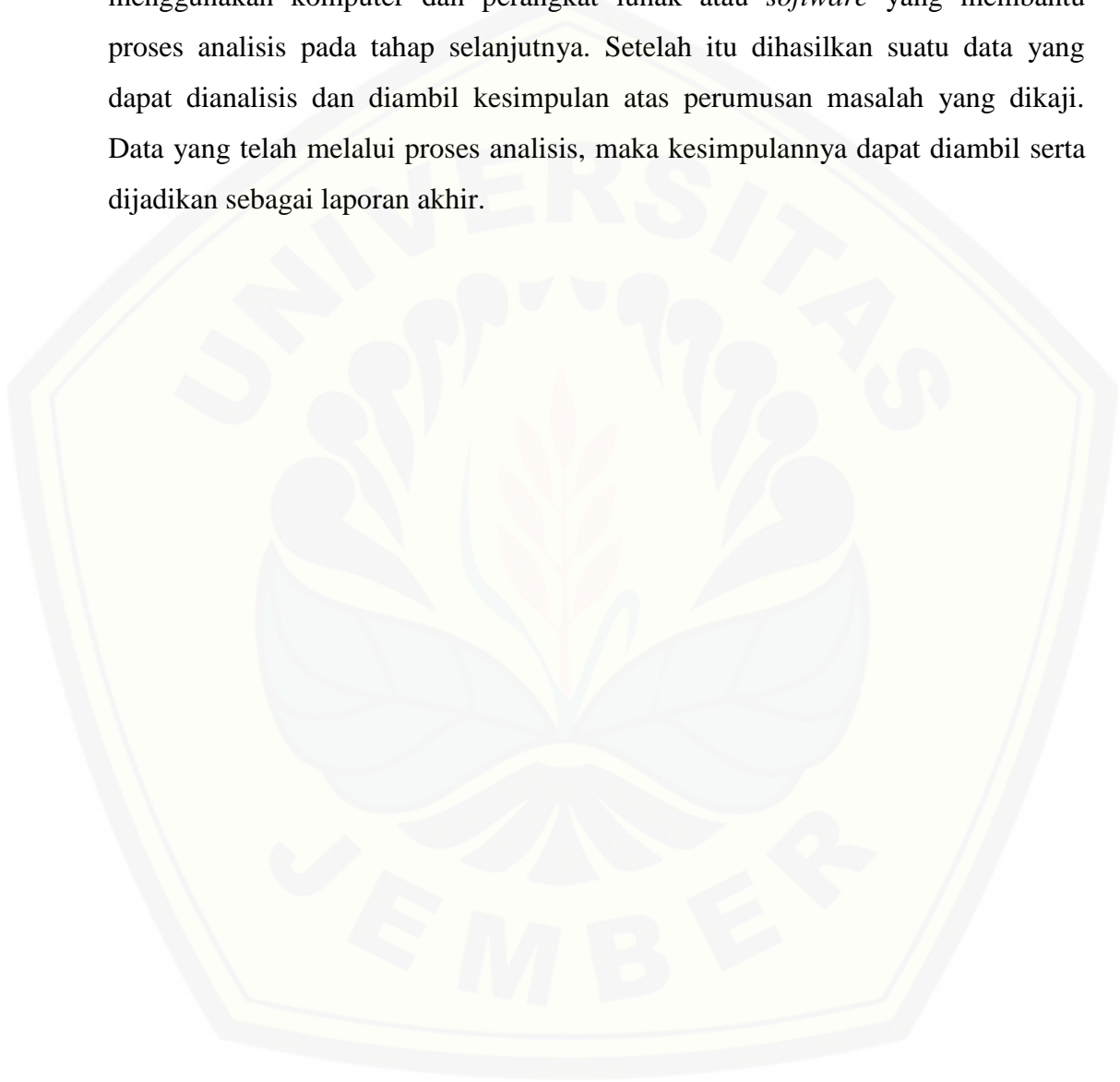
Rancangan penelitian ini merupakan sebuah desain yang dijadikan panduan oleh peneliti dalam melakukan penelitian. Mulai dari permasalahan pada penelitian sampai dengan penarikan kesimpulan. Berikut adalah rancangan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dalam bentuk *flow chart* yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian mengenai “Analisis Kondisi Muara Kali Porong Akibat Semburan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Tahun 2014-2017” ini diawali dengan melakukan identifikasi terhadap rumusan masalah yang akan diteliti. Rumusan masalah merujuk pada perubahan pola sebaran kondisi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong hingga pesisir pantai Kabupaten Sidoarjo. Data yang digunakan untuk menganalisis sebaran nilai TSS yakni menggunakan data citra Landsat-8 OLI/TIRS. Setelah rumusan masalah teridentifikasi dengan jelas, maka selanjutnya proses penelitian masuk pada tahap

variabel penelitian. Terdapat beberapa variabel yang mendasari dilakukannya proses pengambilan dan pengolahan data pada penelitian kali ini. Jenis penelitian ini merupakan penelitian yang memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan berbasis komputasi. Pemecahan masalah selanjutnya dijalankan dengan menggunakan komputer dan perangkat lunak atau *software* yang membantu proses analisis pada tahap selanjutnya. Setelah itu dihasilkan suatu data yang dapat dianalisis dan diambil kesimpulan atas perumusan masalah yang dikaji. Data yang telah melalui proses analisis, maka kesimpulannya dapat diambil serta dijadikan sebagai laporan akhir.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data penelitian analisis kondisi muara kali porong akibat semburan lumpur sidoarjo ini adalah:

1. Perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di muara Kali Porong pada pengambilan data di tahun 2014-2017 memiliki nilai yang naik turun di tiap tahunnya.
2. Jarak sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dihitung dengan titik pusat pada 3 muara. Muara 3 menjadi muara yang selalu memiliki nilai jarak sebaran TSS yang tertinggi. Muara 3 pada pengambilan data di tahun 2017 menjadi muara yang memiliki jarak terjauh dari penelitian ini yakni 4,295 km.
3. Tingkat kejernihan sebagai ukuran transparansi suatu perairan, sangat dipengaruhi oleh *Total Suspended Solid* (TSS). Tingkat kejernihan air pada tanggal 29 Juni 2014, 15 Mei 2015, 17 Mei 2016, dan 20 Mei 2017 memiliki nilai penetrasi rentang antara 4,561 m – 15,432 m.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik yakni perlu dilakukannya suatu penelitian lanjutan mengenai data tingkat kejernihan suatu perairan beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, S. 2004. Principles of Remote Sensing. *Prociding Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agriculture Meteorology*. AGM-8 WMO/TD No.118. 7-11 July, 2003. Switzerland: World Meteorological Organisation No.23.
- Alabaster, J.and Lloyd. 1980. *Water Quality Criteria for Fish*. FAO of United Nations European Inland Fisheries Adviso.
- Arief, M. 2012. Pemetaan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Satelit Landsat. *Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 9 No.1 Juni 2012* : 67-75. Jakarta: Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Kabupaten Sidoarjo dalam Angka*. Sidoarjo: BPS Sidoarjo.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Kabupaten Sidoarjo dalam Angka*. Sidoarjo: BPS Sidoarjo.
- Barret, R. B dan L. F. Curtis. 1982. *Introduction To Environmental Remote Sensing*. London: Chapman and Hall.
- Budhiman, S. 2004. Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta. *Thesis*. Netherlands: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
- Budianto, S, dan T. Hariyanto. 2017. Analisis Perubahan Konsentrasi TSS Dampak Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Multi Temporal (Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo). *Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 1. (2017) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)*. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS.
- Cahyadi, E. Masyamsir, dan Rizal, A. 2016. Kajian Variabel Kualitas Air dan Hubungannya dengan Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Waduk

Darma Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan Vol. III No. 1 (93-102)*. Bandung: Universitas Padjajaran.

Chanlett, E.T. 1979. *Environmental Protection*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

Danoedoro, P.2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: ANDI

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.

Fegie, I.N., dan B.M. Sukojo. 2013. Identifikasi Sebaran Sedimentasi dan Perubahan Garis Pantai di Pesisir Muara Perancak-Bali Menggunakan Data Citra Satelit ALOS AVNIR-2 dan SPOT-4. *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 9 No.1. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS.

Ferdiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.

Finn, M.P., Reed, M.D, and Yamamoto, K.H. 2013. A Straight Forward Guide for Processing Radiance and Reflectance for EO-1 ALI, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, and ASTER. *Unpublished Report from USGS/Center of Excellence for Geospatial Information Science*.

Ghufran, M. 2007. *Pengelolaan Kualitas air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: PT. Rinika Cipta.

Hamuna, B. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan (2018), 16 (1): 35-43*. Papua: Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Cendrawasih.

Krisnayanti. B.D., dan D.S. Agustawijaya. 2014. Characteristics of Lusi Mud Volcano and its Impacts on The Porong River. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* ISSN: 2339-076X, Volume 1, Number 4 (July 2014): 207-210. Mataram: Faculty of Agriculture, University of Mataram.

- Lillesand, T.M dan Kiefer, R.W. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Lintz, J.Jr. dan Simonett, D.S. 1976. *Remote Sensing of Environment*. London: Addison-Wesley Publishing Company.
- Lwin, K.K. 2008. *Fundamentals of Remote Sensing and its Applications in GIS*. Japan: Division of Spatial Information Science, University of Tsukuba.
- Mahdi, K. 2014. Pengenalan Penginderaan Jauh dan Teori Dasar Pendukung Pengolahan Citra Digital. *Makalah Diskusi Panel*. Jakarta: LAPAN. 10 Feb 2014.
- Meaden, G. J. dan J. M. Kapetsky. 1991. Geographical Information System and Remote Sensing in Inland Fisheries and Aquaculture. *Mapper Papper. No. 318 262 h*. Roma: FAO Fisheries Technical.
- Mujito, M., H. Riyanto, A.G Tjiptono, Suliantara, R.K. Risdianto, dan Sudianto. 1997. *Evaluasi Penginderaan Jauh untuk Studi Dasar Lingkungan Wilayah Kerja UNOCAL Indonesia Company Kalimantan Timur*. Jakarta: Bidang Litbangtek Eksplorasi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi, LEMIGAS.
- Pahlevi, A.M., dan Wiweka. 2010. Analisa Sedimentasi di Muara Kali Porong Akibat Pembuangan Lumpur Lapindo Menggunakan Data Citra Satelit ASTER. *Jurnal Ilmiah Geomatika* Vol. 16 No.2. Jakarta: LAPAN.
- Paine, D. 1981. *Aerial Photography and Image Interpretation for Resource Management*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Pujiastuti, P. Ismail, B, dan Pranoto. 2013. Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal EKOSAINS* Vol. V. No. 1 Maret 2013. Surakarta: Fakultas MIPA Kimia, Universitas Sebelas Maret.
- Purwadhi, S. Hardiyanti, dan T.B Sanjoto. 2009. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Jakarta: Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang.

Sabins, F.F. Jr. 1978. *Remote Sensing, Principles and Interpretation*. San Fransisco: W.H. Freeman and Co.

Sanusi, H. S. 2006. *Kimia Laut Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Santoso, A.A., B. Sudarsono, dan A. Sukmono. 2017. Analisis Pengaruh Tingkat Bahaya Erosi Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo Terhadap Total Suspended Solid di Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Geodesi Undip* Volume 6, Nomor 4, Tahun 2017, (ISSN: 2337-845X). Semarang: Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Sastrawijaya, 2000. *Perencanaan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit PT Rinika Cipta, Cetakan kedua.

Simbolon, F., H. Surbakti, dan Hartoni. 2014. Analisa Pola Sebaran Sedimen Tersuspensi Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh di Perairan Muara Sungai Banyuasin. *Maskapai Journal* Juli 2015, 7(2): 1-10. Indralaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Sumawidjaja K. 1974. *Limnologi. Proyek peningkatan mutu perguruan tinggi*. IPB. 81 p.

Smith, R.B. 2006. *Introduction of Remote Sensing Environment (RSE)*. Lincoln, Nebraska USA: Microlmages Inc.

Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

LAMPIRAN

4.3 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 26 Juni 2014

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
  GROUP = METADATA_FILE_INFO
    ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  "LC08_L1TP_118065_20140629_20170421_01_T1"
    OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
    SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
    SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
    WRS_PATH = 118
    WRS_ROW = 65
    DATE_ACQUIRED = 2014-06-29
  END_GROUP = PRODUCT_METADATA
  GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
    CLOUD_COVER = 6.48
    CLOUD_COVER_LAND = 10.87
    IMAGE_QUALITY_OLI = 9
    IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
    TIRS_SSM_MODEL = "ACTUAL"
    TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "NOMINAL"
    TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
    ROLL_ANGLE = -0.001
    SUN_AZIMUTH = 41.98812266
    SUN_ELEVATION = 48.48462483
    EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0166160
    REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
    REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
    REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
  END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

4.4 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 15 Mei 2015

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
  GROUP = METADATA_FILE_INFO
    ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
"LC08_L1TP_118065_20150515_20170409_01_T1"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2015-05-15
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
  CLOUD_COVER = 17.54
  CLOUD_COVER_LAND = 17.65
  IMAGE_QUALITY_OLI = 9
  IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
  TIRS_SSM_MODEL = "ACTUAL"
  TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "NOMINAL"
  TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
  ROLL_ANGLE = -0.001
  SUN_AZIMUTH = 45.61610136
  SUN_ELEVATION = 52.58384335
  EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0107663
  REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.00000E-05
  REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

4.5 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 17 Mei 2016

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
  GROUP = METADATA_FILE_INFO
    ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
```

```

"LC08_L1TP_118065_20160517_20170324_01_T1"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2016-05-17
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
  CLOUD_COVER = 13.57
  CLOUD_COVER_LAND = 19.74
  IMAGE_QUALITY_OLI = 9
  IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
  TIRS_SSM_MODEL = "FINAL"
  TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "ESTIMATED"
  TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
  ROLL_ANGLE = -0.001
  SUN_AZIMUTH = 44.70372080
  SUN_ELEVATION = 52.24951122
  EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0113402
  REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
  REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
  REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END

```

4.6 Metadata Landsat-8 OLI/TIRS 20 Mei 2017

```

GROUP = L1_METADATA_FILE
  GROUP = METADATA_FILE_INFO
    ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
"LC08_L1TP_118065_20170520_20170525_01_T1"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"

```

```
WRS_PATH = 118
WRS_ROW = 65
DATE_ACQUIRED = 2017-05-20
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 13.22
CLOUD_COVER_LAND = 12.91
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
TIRS_SSM_MODEL = "FINAL"
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "ESTIMATED"
TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 44.02655401
SUN_ELEVATION = 51.82527380
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0119050
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```